



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Yasunaga KAYAMA

Group Art Unit: 2851

Application No.: 09/713,215

Examiner: P. B. Kim

Filed: November 16, 2000

Docket No.: 107314

For: EXPOSURE APPARATUS AND METHOD THAT EXPOSES  
A PATTERN ONTO A SUBSTRATE (AS AMENDED)

#11  
1-14-03  
gfr

CLAIM FOR PRIORITY

Director of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japan, JP-11-330700, November 19, 1999

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

XX is filed herewith.

           was filed on            in Parent Application No.            filed           .

           will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

Mario A. Costantino  
Registration No. 33,565

Robert Z. Evora  
Registration No. 47,356

MAC:RZE/dmw

Date: January 7, 2003

OLIFF & BERRIDGE, PLC  
P.O. Box 19928  
Alexandria, Virginia 22320  
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION  
Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461

RECEIVED  
JAN - 8 2003  
TECHNOLOGY CENTER 2800



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

オリフ  
6465

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

1999年11月19日

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第330700号

[ST.10/C]:

[JP1999-330700]

出願人  
Applicant(s):

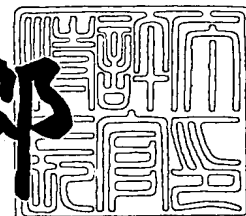
株式会社ニコン

RECEIVED  
JAN - 8 2003  
TECHNOLOGY CENTER 2800

2002年12月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3098570

【書類名】 特許願

【整理番号】 J80998A1

【提出日】 平成11年11月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 露光装置

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 加山 泰永

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9800076

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクのパターンを基板に露光する露光装置において、  
前記パターンを前記基板に投影する投影光学系と、  
前記投影光学系を保持する保持部材と、  
前記投影光学系の変位に関する情報を検出する検出装置と、  
前記保持部材に設けられたアクチュエータと、  
前記検出装置の検出結果に応じて前記アクチュエータを駆動する駆動装置と、  
を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の露光装置において、  
前記アクチュエータは、圧電素子を有していることを特徴とする露光装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の露光装置において、  
前記検出装置は、前記投影光学系と前記保持部材との少なくとも一方に設けられていることを特徴とする露光装置。

【請求項 4】 請求項 1 から 3 のいずれかに記載の露光装置において、  
前記検出装置は、加速度センサを有していることを特徴とする露光装置。

【請求項 5】 請求項 1 から 3 のいずれかに記載の露光装置において、  
前記検出装置は、歪みセンサを有していることを特徴とする露光装置。

【請求項 6】 請求項 1 から 5 のいずれかに記載の露光装置において、  
前記駆動装置は、前記検出装置の検出結果をフィルタリングするフィルタ装置  
を有していることを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 請求項 1 から 6 のいずれかに記載の露光装置において、  
前記アクチュエータは、前記保持部材の周辺に設けられていることを特徴とする  
露光装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の露光装置において、  
前記アクチュエータは、前記保持部材に加工が施された加工部近傍に設けられて  
いることを特徴とする露光装置。

【請求項 9】 請求項 1 から 8 のいずれかに記載の露光装置において、

前記マスクを保持して移動するマスクステージと、前記基板を保持して移動する基板ステージと前記投影光学系とは、互いに振動的に独立して配設されることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体デバイス等の製造に用いられ、マスクのパターンをウエハ等の基板に露光する露光装置に関し、特に振動制御を行うためのアクチュエータを有する露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体デバイスの製造工程の1つであるリソグラフィ工程においては、マスク又はレチクル（以下、レチクルと称する）に形成された回路パターンをレジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写する種々の露光装置が用いられている。例えば、半導体デバイス用の露光装置としては、近年における集積回路の高集積化に伴うパターンの最小線幅（デバイスルール）の微細化に応じて、レチクルのパターンを投影光学系を用いてウエハ上に縮小転写する縮小投影露光装置が主として用いられている。

【0003】

この縮小投影露光装置としては、レチクルのパターンをウエハ上の複数のショット領域（露光領域）に順次転写するステップ・アンド・リピート方式の静止露光型の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、このステッパを改良したもので、特開平8-166043号公報等の開示されるようなレチクルとウエハとを一次元方向に同期移動してレチクルパターンをウエハ上の各ショット領域に転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の露光装置（いわゆるスキヤニング・ステッパ）が知られている。

【0004】

これらの露光装置では、上述したパターンの微細化に対応するために、解像度の向上のみならず、位置決めの高精度化が不可欠になっている。そのため、マス

クやウエハ等に対するアライメントの高精度化、マスクステージやウエハステージ等のサーボ系位置決め性能の向上、周辺環境からの伝達振動遮断性能の向上などが行われている。例えば、床を介して伝わる振動に対しては、床面に先ず装置の基準になるベースプレートを設置し、その上に床振動を遮断するための防振台を介してレチクルステージ、ウエハステージおよび投影光学系（投影レンズ）等を支持する本体コラムを載置した構造を用いることで大部分の振動を抑制することができる。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような従来の露光装置には、以下のような問題が存在する。

位置決めに対する要求精度が高くなるにしたがって、露光装置内部での構造自体に起因する振動を抑制することも重要になっている。すなわち、上記の露光装置は、ウエハ上のあるショット領域に対する露光の後、他のショット領域に対して順次露光を繰り返すものであるから、ウエハステージ（ステッパの場合）、あるいはレチクルステージおよびウエハステージ（スキャニング・ステッパの場合）の加速、減速運動によって生じる反力が本体コラムおよび投影光学系の振動要因となり、投影光学系が変位する虞がある。

## 【0006】

この場合、投影光学系とウエハ等との相対位置誤差を生じさせて、ウエハ上で設計値と異なる位置にパターンが転写されたり、その位置誤差に振動成分を含む場合には像ボケ（パターン線幅の増大）を招く原因になるという不都合があった。特に、投影光学系に薄肉部や孔部が存在する場合は、共振周波数が低下して振動振幅が大きくなることで投影光学系の変位も大きくなり、パターン微細化の実現の障害になっていた。

## 【0007】

本発明は、以上のような点を考慮してなされたもので、投影光学系に発生する振動に伴う変位を抑制して位置決め精度の向上、およびパターン投影精度の向上に寄与する露光装置を提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために本発明は、実施の形態を示す図1ないし図7に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置は、マスク（R）のパターンを基板（W）に露光する露光装置（1）において、パターンを基板（W）に投影する投影光学系（PL）と、投影光学系（PL）を保持する保持部材（34）と、投影光学系（PL）の変位に関する情報を検出する検出装置（38、43）と、保持部材（34）に設けられたアクチュエータ（36）と、検出装置（38、43）の検出結果に応じてアクチュエータ（36）を駆動する駆動装置（37）とを備えたを特徴とするものである。

## 【0009】

従って、本発明の露光装置では、例えばマスク（R）のパターンを基板（W）に露光するにあたって投影光学系（PL）の保持部材（34）に振動に伴う変位が発生すると、検出装置（38、43）がこの変位に関する情報を検出して駆動装置（37）に出力する。そして、駆動装置（37）が変位を相殺するようにアクチュエータ（36）を駆動することで、アクチュエータ（36）が保持部材（34）に発生する変位を抑制する。なお、アクチュエータ（36）を設ける位置は、保持部材（34）の共振周波数での変位が大きい場所が好ましい。また、検出装置（38）を設ける位置は、投影光学系（PL）の倒れの振動が大きな場所が好ましい。

## 【0010】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の露光装置の実施の形態を、図1ないし図3を参照して説明する。ここでは、例えば露光装置として、レチクルとウエハとを同期移動しつつ、レチクルに形成された半導体デバイスの回路パターンをウエハ上に転写する、いわゆるスキャニング・ステッパを使用する場合の例を用いて説明する。

## 【0011】

図1に示す露光装置1は、光源（不図示）からの露光用照明光によりレチクル



(マスク) R上の矩形状(あるいは円弧状)の照明領域を均一な照度で照明する照明光学系 I U、レチクル R を保持するマスクステージとしてのレチクルステージ 2、レチクル R から射出される照明光をウエハ(基板) W 上に投影する投影光学系 P L、ウエハ W を保持する基板ステージとしてのウエハステージ 3 から概略構成されている。なお、ここで投影光学系 P L の光軸方向を Z 方向とし、この Z 方向と直交する方向でレチクル R とウエハ W の同期移動方向を X 方向とし、非同期移動方向を Y 方向とする。

## 【0012】

この露光装置 1 には、平板状のベースプレート 4 上に 3 つの支柱 5 が固定されており、これらの支柱 5 の上端にはエアダンパ、弾性バネ又はオイルダンパからなる 3 つの防振台 6 がそれぞれ固定されており、外部振動の影響を受けない構造になっている。これらの防振台 6 を介して、鋳物等で構成された鏡筒定盤 7 が支柱 5 上に載置されている。そして、上記投影光学系 P L は、鏡筒定盤 7 に光軸方向を Z 方向として上方から挿入されて支持(保持)されており、レチクルステージ 2 が載置されるレチクル定盤 8 は、鏡筒定盤 7 に設けられたフレーム 9 に支持されている。ウエハステージ 3 が載置されるウエハ定盤 10 は、フレーム 11 を介して鏡筒定盤 7 に吊り下げられて固定されている。

## 【0013】

照明光学系 I U は、鏡筒定盤 7 に設けられたフレーム 12 に支持されている。なお、露光用照明光としては、例えば超高压水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g 線、i 線)および Kr F エキシマレーザ光(波長 248 nm)等の遠紫外光(DUV 光)や、Ar F エキシマレーザ光(波長 193 nm)および F<sub>2</sub> レーザ光(波長 157 nm)等の真空紫外光(VUV)などが用いられる。

## 【0014】

レチクル定盤 8 上には、固定子 13 A と可動子 14 A とからなる X 軸リニアモータ 16 A が配置されている。可動子 14 A は、連結部材 15 を介してレチクルステージ 2 に連結されている。レチクルステージ 2 は、X 軸方向の直動ガイド(不図示)に案内されており、X 軸リニアモータ 16 A に駆動されて X 方向の前後に滑らかに移動する。なお、上記 X 軸リニアモータ 16 A は、レチクルステージ

2のY方向一侧に設けられるものであり、レチクルステージ2のY方向他方側には、固定子13Bと可動子14BとからなるX軸リニアモータ16Bが配設されている。これらX軸リニアモータ16A、16Bは、レチクルステージ2をムービングコイル方式でX方向に駆動する。また、レチクルステージ2のX方向の位置は、レチクルステージ2上に固定された移動鏡17と、レチクル定盤8に支持されてX軸に平行なレーザビームを移動鏡17に照射するレーザ干渉計18とによって検出される。

## 【0015】

固定子13A、13Bは直動ガイド19A、19Bに案内されてX方向の前後に摺動可能になっている。ベースプレート4に固定された制動フレーム20には、固定子13A、13Bに非接触で制動力を与えるX制動部材21A、21Bが取り付けられている。

## 【0016】

ウエハ定盤10上には、固定子23Aと可動子24AとからなるX軸リニアモータ26Aが配置されている。可動子24Aは、連結部材25を介してウエハステージ3に連結されている。ウエハステージ3は、X軸方向の直動ガイド（不図示）に案内されており、X軸リニアモータ26Aに駆動されてX方向の前後に滑らかに移動する。なお、上記X軸リニアモータ26Aは、ウエハステージ3のY方向一侧に設けられるものであり、ウエハステージ3のY方向他方側には、固定子23Bと可動子24BとからなるX軸リニアモータ26Bが配設されている。これらX軸リニアモータ26A、26Bは、ウエハステージ3をムービングコイル方式でX方向に駆動する。

## 【0017】

固定子23A、23Bは直動ガイド29A、29Bに案内されてX方向の前後に摺動可能になっている。また、制動フレーム30には、固定子23A、23Bに非接触でX方向に制動力を与えるX制動部材31A、31Bが取り付けられている。

## 【0018】

なお、ウエハステージ3には、図示しないものの、ウエハステージ3をY方向

に駆動する 2 軸のムービングマグネット方式の Y 軸リニアモータが設けられており、ウエハステージ 3 はエアベアリング方式でウエハ定盤 10 上の XY 平面を非接触で浮上走行する構成になっている。また、Y 軸リニアモータの固定子（不図示）に非接触で Y 方向に制動力を与える Y 制動部材（不図示）が、ベースプレート 4 の +Y 方向に固定された制動フレーム 32 に固定されている。

## 【0019】

ウエハステージ 3 の X 方向の位置は、ウエハステージ 3 上に Y 方向に沿って固定された移動鏡 27 X と、ウエハ定盤 10 に支持されて X 軸に平行なレーザビームを移動鏡 27 X に照射するレーザ干渉計 28 X とによって検出される。また、ウエハステージ 3 の Y 方向の位置は、ウエハステージ 3 上に X 方向に沿って固定された移動鏡 27 Y と、X 軸に平行なレーザビームを移動鏡 27 Y に照射するレーザ干渉計（不図示）とによって検出される。

## 【0020】

投影光学系 PL としては、ここでは物体面（レチクル R）側と像面（ウエハ W）側の両方がテレセントリックで円形の投影視野を有し、石英や蛍石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ素子）からなる  $1/4$ （または  $1/5$ ）縮小倍率の屈折光学系が使用されている。このため、レチクル R に照明光が照射されると、レチクル R 上の回路パターンのうち、照明光で照明された部分からの結像光束が投影光学系 PL に入射し、その回路パターンの部分倒立像が投影光学系 PL の像面側の円形視野の中央にスリット状に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系 PL の結像面に配置されたウエハ W 上の複数のショット領域のうち、1 つのショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。

## 【0021】

この投影光学系 PL は、内部に複数の光学素子（投影レンズ）を収納する鏡筒 33 を有し、この鏡筒 33 には鏡筒定盤 7 上で鏡筒 33 を Z 方向に沿わせて保持するフランジ（保持部材）34 が鏡筒 33 の外周面から一体的に突設されている。図 2 に示すように、フランジ 34 は、平面視略正三角形を呈しており、各コーナーにおいて取付ネジ等のサポート 35 により鏡筒定盤 7 に固定されている。フ

ランジ 34 には、鏡筒 33 と各サポート 35 との間に位置して、貫通孔（加工部）34 a と切欠部（加工部）34 b とが形成されている。各切欠部 34 b は、サポート 35 と鏡筒 33 とを結ぶ方向と直交する方向に沿って、フランジ 34 の鏡筒定盤 7 側に形成されている（図 1 参照）。これら貫通孔 34 a、切欠部 34 b は、フランジ 34 を介して鏡筒定盤 7 へアクセスする等に用いられるものである。

## 【0022】

なお、フランジ 34 の素材としては、低熱膨張の材質、例えばインバー（Inver；ニッケル 36%、マンガン 0.25%、および微量の炭素と他の元素を含む鉄からなる低膨張の合金）が用いられている。このフランジ 34 は、投影光学系 PL を鏡筒定盤 7 に対して点と面と V 溝とを介して 3 点で支持する、いわゆるキネマティック支持マウントを構成している。このようなキネマティック支持構造を採用すると、投影光学系 PL の鏡筒定盤 7 に対する組み付けが容易で、しかも組み付け後の鏡筒定盤 7 および投影光学系 PL の振動、温度変化等に起因する応力を最も効果的に軽減できるという利点がある。

## 【0023】

フランジ 34 上の各コーナー（周辺）には、貫通孔 34 a と切欠部 34 b との近傍、即ちフランジ 34 の強度的に弱い場所に位置してアクチュエータとしての piezo 素子（圧電素子）36 が接着材等の結合手段で切欠部 34 b に沿って複数（図 2 では二枚）貼設されている。piezo 素子 36 は、所定の電流を与えられることで X 方向および Y 方向の双方向に伸縮するものである。この piezo 素子 36 は、図 1 に示すように、該 piezo 素子 36 を駆動する駆動装置 37 に接続されている。

## 【0024】

また、投影光学系 PL の倒れの振動が最も大きな箇所である鏡筒 33 の下端部には、投影光学系 PL の変位に関する情報を検出する検出装置として、投影光学系 PL の振動を検出する加速度センサ 38 が設けられている。この加速度センサ 38 の検出結果は、駆動装置 37 に出力される。

## 【0025】

図 3 に示すように、駆動装置 37 は、フィルタ装置 39 と信号変換装置 40 とアンプ 41 とから概略構成されている。フィルタ装置 39 は、加速度センサ 38 から出力された加速度信号に対して所定のフィルタリング（抽出）を行い信号変換装置 40 に出力するものである。信号変換装置 40 は、フィルタ装置 39 で抽出された信号を所定の形状に変換してアンプ 41 に出力するものである。アンプ 41 は、信号変換装置 40 で変換された信号を所定のゲインに増幅してピエゾ素子 36 に出力するものである。

## 【0026】

上記の構成の露光装置の動作の中、まずレチクルステージ 2 の動作について以下に説明する。

レチクルステージ 2 を +X 方向に駆動するために、可動子 14 A、14 B に X 方向の駆動力が付与されると、レチクルステージ 2 が移動するのに伴って、対応する固定子 13 A、13 B には反力が作用する。同時に X 制動部材 21 A、21 B から固定子 13 A、13 B に対して、その反力と逆向きで大きさの同じ X 方向への推力が制動力として作用するため、固定子 13 A、13 B には X 方向への力が作用することなく、固定子 13 A、13 B は静止した状態を維持する。この際、反力と制動力とがほぼ同一直線上にあるため、モーメントや固定子 13 A、13 B を変形させようとする力等が発生することがなく、可動子 14 A、14 B の加減速時に微小な振動等が生じることもないので、レチクル R を X 方向の所望の位置に高精度に駆動することができる。

## 【0027】

同様に、ウエハステージ 3 を X 方向に駆動する際には、対応する X 軸リニアモータ 26 A、26 B の可動子 24 A、24 B に目標とする加速度（減速時も含む）に比例する推力が付与されて、ウエハステージ 3 が X 方向に駆動される。このとき、反作用によってその推力と方向が逆で同じ大きさの力（反力）が対応する固定子 23 A、23 B に働く。そして、X 制動部材 31 A、31 B から固定子 23 A、23 B に対して、その反力と逆向きで大きさの同じ X 方向への推力が制動力として作用するため、固定子 23 A、23 B には X 方向への力が作用することなく、固定子 23 A、23 B は静止した状態を維持する。

## 【 0 0 2 8 】

また、ウエハステージ 3 を Y 方向に駆動する際には、Y 軸リニアモータに所定の加速度に比例する推力が付与される。そして、Y 軸リニアモータの固定子に作用する反力は、Y 制動部材からこの固定子に対して、その反力と逆向きで大きさの同じ X 方向への推力が制動力として作用するため、固定子には X 方向への力が作用することなく、固定子は静止した状態を維持する。

## 【 0 0 2 9 】

このウエハステージ 3 は、露光時には、ウエハ W 上の一つのショット領域への露光が終了すると X 軸リニアモータ 2 6 A、2 6 B 及び Y 軸リニアモータをステップング駆動して次のショット領域を走査開始位置に移動させた後、X 軸リニアモータ 2 6 A、2 6 B を定速駆動するとともに、レチクルステージ 2 を同期して駆動することによって、レチクル R とウエハ W とを投影光学系 P L に対して X 方向に投影倍率を速度比として同期走査するという動作がステップ・アンド・スキャン方式で繰り返されて、ウエハ W 上の各ショット領域への露光が行われる。

## 【 0 0 3 0 】

これらレチクルステージ 2 およびウエハステージ 3 の移動時には、各ステージにおける固定子の静止状態は維持されるが、投影光学系 P L がフランジ 3 4 を介して鏡筒定盤 7 に保持されている構造では、材料剛性や形状により程度が異なるものの、機械的な倒れ共振が必ず存在する。特に、本実施の形態のフランジ 3 4 のように、貫通孔 3 4 a のような孔部や切欠部 3 4 b のように薄肉部が存在する場合は、共振周波数が低下して振動振幅が大きくなる。この共振周波数での振動は形状等に依存するが、上記孔部や薄肉部の周辺の強度的に弱くなっている場所で歪みや伸び縮みを伴う。そのため、本実施の形態では、加速度センサ 3 8、ピエゾ素子 3 6 および駆動装置 3 7 により、上記歪みや伸び縮みに起因して投影光学系 P L に発生する変位を抑制する。

## 【 0 0 3 1 】

具体的には、レチクルステージ 2 およびウエハステージ 3 の動作に伴う振動がフレーム 9、1 1 を介して鏡筒定盤 7 に伝わり、フランジ 3 4 の歪みや伸び縮みを伴って投影光学系 P L が微小振動する。ここで、加速度センサ 3 8 がこの微小

な振動を検出して、駆動装置 3 7 のフィルタ装置 3 9 に出力する。このとき、加速度センサ 3 8 は鏡筒 3 3 の下端部に設けられているので、投影光学系 P L に発生する振動を効率的、且つ明確に検出できる。

#### 【 0 0 3 2 】

フィルタ装置 3 9 は、投影光学系 P L の機械的な共振により増幅された振動の加速度のみをフィルタリングして取り出し、信号変換装置 4 0 に入力させる。信号変換装置 4 0 は、入力した加速度信号を速度信号に変換するとともに、 piezo 素子 3 6 を駆動する信号を作り出してアンプ 4 1 に入力させる。アンプ 4 1 は、入力した速度信号を増幅して piezo 素子 3 6 に出力する。piezo 素子 3 6 は、フランジ 3 4 に発生する歪みや伸び縮みを相殺する方向に伸縮して、速度に比例した粘性力をフランジ 3 4 に与える。これにより、フランジ 3 4 に発生する歪みや伸び縮みが抑えられ、投影光学系 P L の振動振幅を小さくすることができる。

#### 【 0 0 3 3 】

以上説明したように、本実施の形態の露光装置では、投影光学系 P L の構造に起因する振動を加速度センサ 3 8 で検出して、この検出結果に基づいて piezo 素子 3 6 を伸縮させてフランジ 3 4 の歪みや伸び縮みを相殺する粘性力を付加し、この歪みや伸び縮みに起因する投影光学系 P L の振動を制振できるため、投影光学系 P L の振動による位置決め精度の悪化やパターン投影精度の悪化を未然に防ぐことができ、パターンの微細化に対応した露光精度を維持することができる。また、本実施の形態では、投影光学系 P L の振動を抑制する際に piezo 素子 3 6 の伸縮に伴う振動しか発生しないため、鏡筒 3 3 を直接駆動するときのように、他の部分に余分な振動を発生させる虞がない。

#### 【 0 0 3 4 】

さらに、本実施の形態の露光装置では、フランジ 3 4 の周辺の共振周波数が低下して振動振幅が大きくなる箇所に piezo 素子 3 6 を貼設しているので、フランジ 3 4 に発生する歪みや伸び縮みを効果的に抑えることができ、piezo 素子 3 6 を小型にしたり、piezo 素子 3 6 の貼設枚数を減らすことが可能になる。

#### 【 0 0 3 5 】

図 4 は、本発明の露光装置の第 2 の実施の形態を示す図である。この図におい

て、図 1 ないし図 3 に示す第 1 の実施の形態の構成要素と同一の要素については同一符号を付し、その説明を省略する。第 2 の実施の形態と上記の第 1 の実施の形態とが異なる点は、 piezo 素子 36 の貼設形態である。なお、この図においては、投影光学系 PL のみ図示している。

## 【0036】

図 4 に示すように、フランジ 34 の貫通孔 34a、切欠部 34b 近傍の上面には、切欠部 34b に沿ってアダプタ板 42 が取付ネジ 43 により着脱自在に取り付けられている。そして、アダプタ板 42 には、piezo 素子 36 が接着剤等の結合手段で貼設されている。この場合、piezo 素子 36 の大きさや貼設枚数は、振動振幅の大きさ等で決定される。他の構成は、上記第 1 の実施の形態と同様である。

## 【0037】

本実施の形態では、レチクルステージ 2 やウエハステージ 3 の移動に起因して発生するフランジ 34 の歪みや伸び縮みがアダプタ板 42 に伝わり、アダプタ板 42 が歪みや伸び縮みを起こす。そして、アダプタ板 42 に発生した歪みや伸び縮みを piezo 素子 36 が伸縮することで抑える。そのため、この実施の形態では、上記第 1 の実施の形態と同様の効果が得られることに加えて、piezo 素子 36 が寿命や故障等により動作しなくなった場合でも、アダプタ板 42 を取り外すことで交換が容易になる。また、フランジ 34 の大きさや、フランジ 34 に発生する歪みや伸び縮みの大きさに合わせて、piezo 素子 36 の大きさや貼設枚数の異なる複数種類のアダプタ板 42 を予め用意しておき、状況に応じてアダプタ板 42 を適宜フランジ 34 に装着することも可能になる。

## 【0038】

図 5 は、本発明の露光装置の第 3 の実施の形態を示す図である。この図において、図 4 に示す第 2 の実施の形態の構成要素と同一の要素については同一符号を付し、その説明を省略する。第 3 の実施の形態と上記第 2 の実施の形態とが異なる点は、検出装置として歪みセンサを設けたことである。

## 【0039】

すなわち、図 5 に示すように、フランジ 34 には、piezo 素子 36 が貼設され



たアダプタ板 4 2 の外側に位置して歪みセンサ（検出装置） 4 3 が取り付けられている。この実施の形態では、投影光学系 P L に発生した微小振動を歪みセンサ 4 3 が検出してフィルタ装置 4 0 に出力する。そして、フィルタ装置 4 0 が、投影光学系 P L の機械的な共振により増幅された振動の歪みのみをフィルタリングして取り出し、信号変換装置 4 0 が、入力した歪み信号を速度信号に変換するとともに、 piezo 素子 3 6 を駆動する信号を作り出してアンプ 4 1 に入力させる。そして、アンプ 4 1 は、入力した速度信号を増幅して piezo 素子 3 6 に出力して作動させる。

## 【 0 0 4 0 】

本実施の形態の露光装置でも、上記第 2 の実施の形態と同様の効果が得られる。なお、上記第 1 の実施の形態では加速度センサ 3 8 で投影光学系 P L の振動を検出し、第 2 の実施の形態では歪みセンサ 4 3 で投影光学系 P L の微小振動を検出する構成としたが、センサ 3 8、4 3 を双方取り付ける構成としてもよい。この場合、センサ 3 8、4 3 の取付位置等に応じて両センサ 3 8、4 3 の検出結果を補正して速度信号を作成すればよい。

## 【 0 0 4 1 】

図 6 は、本発明の露光装置の第 4 の実施の形態を示す図である。この図において、図 5 に示す第 3 の実施の形態の構成要素と同一の要素については同一符号を付し、その説明を省略する。第 4 の実施の形態と上記第 3 の実施の形態とが異なる点は、piezo 素子の貼設位置である。

## 【 0 0 4 2 】

すなわち、図 6 に示すように、フランジ 3 4 の両面のほぼ同じ位置に piezo 素子 3 6 a、3 6 b が貼設されている。一般に、フランジ 3 4 に歪みや伸び縮みが発生すると、一方の面で伸びが起こり、他方の面で縮みが起こる。そこで、この実施の形態では、piezo 素子 3 6 a、3 6 b をそれぞれ逆相で同時に作動させる。これにより、より大きな粘性力をフランジ 3 4 に付与することができ、投影光学系 P L の振動をより効果的に抑制することが可能になる。

## 【 0 0 4 3 】

図 7 は、本発明の露光装置の第 5 の実施の形態を示す図である。この図におい

て、図1ないし図3に示す第1の実施の形態の構成要素と同一の要素については同一符号を付し、その説明を省略する。第5の実施の形態と上記第1の実施の形態とが異なる点は、レチクルステージ2、ウエハステージ3および投影光学系PLの支持構造および加速度センサ38の取付位置である。

#### 【0044】

すなわち、図7に示すように、ベースプレート4上には、リアクションフレーム44が設置されており、リアクションフレーム44の上部には、フレーム12を介して照明光学系IUが設けられている。また、リアクションフレーム44の上部側および下部側には、内側に向けて突出する段部44aおよび44bが間隔をあけてそれぞれ形成されている。

#### 【0045】

そして、リアクションフレーム44の段部44aには、レチクル定盤8が各コーナーにおいて防振ユニット45を介してほぼ水平に支持されている（なお、図7では紙面奥側の防振ユニットについては図示せず）。防振ユニット45は、内圧が調整可能なエアマウント（防振パッド）46A～46D（図7では前方側の46A、46Bのみ図示）と、固定子及び可動子からなるボイスコイルモータ47A～47D（図7では前方側の47A、47Bのみ図示）とが段部44a上に直列に対をなして配置された構成になっている。

#### 【0046】

また、リアクションフレーム44の段部44bには、鏡筒定盤7が各コーナーにおいて防振ユニット48を介してほぼ水平に支持されている（なお、図7では紙面奥側の防振ユニットについては図示せず）。防振ユニット45は、内圧が調整可能なエアマウント（防振パッド）49A～49D（図7では前方側の49A、49Bのみ図示）と、固定子及び可動子からなるボイスコイルモータ50A～50D（図7では前方側の50A、50Bのみ図示）とが段部44b上に直列に対をなして配置された構成になっている。

#### 【0047】

一方、ベースプレート4上方には、ウエハ定盤10が防振ユニット51を介してほぼ水平に支持されている。防振ユニット51は、ウエハ定盤10の各コーナ

ーに配置され（なお、図7では紙面奥側の防振ユニットについては図示せず）、内圧が調整可能なエアマウント（防振パッド）52A～52D（図7では前方側の52A、52Bのみ図示）とボイスコイルモータ53A～53D（図7では前方側の53A、53Bのみ図示）とがベースプレート4上に並列に配置された構成になっている。

## 【0048】

また、上記レチクル定盤8、ウエハ定盤10、鏡筒定盤7には、各定盤のZ方向の振動を計測する3つの振動センサ（例えば加速度計；不図示）と、XY面内方向の振動を計測する3つの振動センサ（例えば加速度計；不図示）とがそれぞれ取り付けられている。後者の振動センサのうち2つは、各定盤のY方向の振動を計測し、残りの振動センサはX方向の振動を計測するものである（以下、便宜上これらの振動センサを振動センサ群と称する）。そして、これらの振動センサ群の計測値に基づいてレチクル定盤8、ウエハ定盤10、鏡筒定盤7の6自由度（X、Y、Z、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、 $\theta Z$ ）の振動をそれぞれ求めることができる。

## 【0049】

また、本実施の形態では、投影光学系PLがフランジ34より上方側の方が下方側に比較して長くなっており、投影光学系PLの倒れの振動が最も大きな箇所は上端部になる。そのため、投影光学系PLの振動を検出するための加速度センサ38は、鏡筒33の上端部に設けられている。他の構成は、上記第1の実施の形態と同様である。

## 【0050】

上記の構成の露光装置1では、レチクルステージ2が移動すると、レーザ干渉計の計測値に基づいてレチクルステージ2の移動に伴う重心の変化による影響をキャンセルする力（カウンターフォース）が防振ユニット45にフィードフォワードで与えられ、この力を発生するようにエアマウント46A～46Dおよびボイスコイルモータ47A～47Dが駆動される。同様に、ウエハステージ3が移動すると、レーザ干渉計の計測値に基づいてウエハステージ3の移動に伴う重心の変化による影響をキャンセルするカウンターフォースが防振ユニット51にフィードフォワードで与えられ、この力を発生するようにエアマウント52A～5

2 D およびボイスコイルモータ 5 3 A ~ 5 3 D が駆動される。

【 0 0 5 1 】

そして、鏡筒定盤 7 においては、レチクルステージ 2、ウエハステージ 5 の移動による反力でリアクションフレーム 4 4 に微振動が発生しても、鏡筒定盤 7 に設けられた振動センサ群の計測値に基づいて 6 自由度方向の振動を求め、エアマウント 5 2 A ~ 5 2 D およびボイスコイルモータ 5 3 A ~ 5 3 D をフィードバック制御することによりこの微振動をキャンセルして、鏡筒定盤 7 を定常的に安定した位置に維持することができる。

【 0 0 5 2 】

本実施の形態の露光装置では、上記第 1 の実施の形態と同様の効果が得られることに加えて、鏡筒定盤 7 に支持された投影光学系 P L を安定した位置に維持するとともに、レチクルステージ 2、ウエハステージ 3 および投影光学系 P L が防振ユニット 4 5、4 8、5 1 によって振動的に独立しているので、レチクルステージ 2 およびウエハステージ 3 の駆動に起因する振動が投影光学系 P L に伝わることを防止でき、投影光学系 P L の振動に起因するパターン転写位置のずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることもできる。

【 0 0 5 3 】

なお、上記実施の形態において、 piezo 素子 3 6 がフランジ 3 4 に対して速度に比例した粘性力を与える構成としたが、これに限られず、加速度に比例した反力を発生させて振動を抑制することも可能である。また、上記実施の形態では、フランジ 3 4 に貫通孔 3 4 a や切欠部 3 4 b 等の加工部が設けられているものとして説明したが、これらの加工部がない場合でも、投影光学系 P L には微振動が発生するため、上記センサ 3 8、4 3 により振動を検出し、piezo 素子 3 6 によりフランジ 3 4 の歪みや伸び縮みを相殺する粘性力を付加することは効果的である。逆に、フランジ 3 4 に加工部がない場合は、フランジ 3 4 に発生する歪みや伸び縮みが分散し、piezo 素子 3 6 を多数または大面積で貼設する必要があるため、歪みや伸び縮みを集中させるために意図的に加工部を設けることで piezo 素子 3 6 を小型化したり貼設枚数を減らすことも可能である。

【 0 0 5 4 】

なお、投影光学系 PL の変位を検出するセンサとしては、上記加速度センサ 38 や歪みセンサ 43 の他に、外部から投影光学系 PL (鏡筒 33) との間の距離を計測するレーザ等を用いた反射型光学センサや、静電容量型センサ、超音波センサ等を用いてもよい。また、アクチュエータとしても piezo 素子 36 に限定されるものではなく、フランジ 34 に変位を付加するものであれば他の素子を用いてもよい。

## 【0055】

また、上記実施の形態では、投影光学系 PL を一つの鏡筒定盤 7 で支持する構成としたが、例えば、Z 方向に互いに間隔をあけて配置した複数 (例えば二つ) の鏡筒定盤で支持してもよい。この場合、フランジを鏡筒定盤に対応させて複数 (例えば二つ) 設け、複数の鏡筒定盤に支持された投影光学系 PL の倒れや各フランジに発生する歪み、伸び縮みに応じて各フランジに適宜 piezo 素子を貼設すればよい。

## 【0056】

なお、本実施の形態の基板としては、半導体デバイス用の半導体ウエハ W のみならず、液晶ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版 (合成石英、シリコンウエハ) 等が適用される。

## 【0057】

露光装置 1 としては、レチクル R とウエハ W とを同期移動してレチクル R のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置 (スキヤニング・ステッパー; USP5,473,410) の他に、レチクル R とウエハ W とを静止した状態でレチクル R のパターンを露光し、ウエハ W を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置 (ステッパー) にも適用することができる。

## 【0058】

露光装置 1 の種類としては、ウエハ W に半導体デバイスパターンを露光する半導体デバイス製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子 (CCD) あるいはレチクルなどを製造するための露

光装置などにも広く適用できる。

【0059】

また、露光用照明光の光源として、超高圧水銀ランプから発生する輝線（g線（436nm）、h線（404.7nm）、i線（365nm））、KrFエキシマレーザ（248nm）、ArFエキシマレーザ（193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（157nm）のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト（LaB<sub>6</sub>）、タンタル（Ta）を用いることができる。さらに、電子線を用いる場合は、レチクルRを用いる構成としてもよいし、レチクルRを用いずに直接ウエハ上にパターンを形成する構成としてもよい。また、YAGレーザや半導体レーザ等の高周波などを用いてもよい。

【0060】

投影光学系PLの倍率は、縮小系のみならず等倍系および拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系PLとしては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F<sub>2</sub>レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし（レチクルRも反射型タイプのものを用いる）、また電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は、真空状態にすることはいうまでもない。

【0061】

ウエハステージ3やレチクルステージ2にリニアモータ（USP5,623,853またはUSP5,528,118参照）を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージ2、3は、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

【0062】

各ステージ2、3の駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニット（永久磁石）と、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージ2、3を駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石

ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージ 2、3 に接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージ 2、3 の移動面側（ベース）に設ければよい。

#### 【0063】

以上のように、本願実施形態の露光装置 1 は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学の精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学の精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

#### 【0064】

半導体デバイスは、図 8 に示すように、デバイスの機能・性能設計を行うステップ 201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 202、シリコン材料からウエハを製造するステップ 203、前述した実施形態の露光装置 1 によりレチクルのパターンをウエハに露光するウエハ処理ステップ 204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ 206 等を経て製造される。

#### 【0065】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 に係る露光装置は、検出装置が投影光学系の変位に関する情報を検出し、駆動装置が検出装置の検出結果に応じて保持部材に設けられたアクチュエータを駆動する構成となっている。

これにより、この露光装置では、保持部材の歪みや伸び縮みに起因する投影光学系の振動を制振できるため、投影光学系の振動による位置決め精度の悪化やパターン投影精度の悪化を未然に防ぐことができ、パターンの微細化に対応した露光精度を維持できるという優れた効果を奏する。

## 【0066】

請求項2に係る露光装置は、アクチュエータが圧電素子を有する構成となっている。

これにより、この露光装置では、検出装置の検出結果に基づいて圧電素子を伸縮させて保持部材の歪みや伸び縮みに起因する投影光学系の振動を制振できるとともに、圧電素子の伸縮に伴う振動しか発生しないため、投影光学系を直接駆動するときのように、他の部分に余分な振動を発生させないという効果が得られる。

## 【0067】

請求項3に係る露光装置は、検出装置が投影光学系と保持部材との少なくとも一方に設けられる構成となっている。

これにより、この露光装置では、投影光学系の変位に関する情報を投影光学系の振動、または保持部材の歪みや伸び縮みを介して検出でき、さらに、双方で情報を検出すれば、より高精度の情報を得られるという効果を奏する。

## 【0068】

請求項4に係る露光装置は、検出装置が加速度センサを有する構成となっている。

これにより、この露光装置では、投影光学系に加わる加速度を介して投影光学系の変位に関する情報を得られるという効果を奏する。

## 【0069】

請求項5に係る露光装置は、検出装置が歪みセンサを有する構成となっている。

これにより、この露光装置では、投影光学系に加わる歪みを介して投影光学系の変位に関する情報を得られるという効果を奏する。

## 【0070】



請求項 6 に係る露光装置は、駆動装置が検出装置の検出結果をフィルタリングするフィルタ装置を有する構成となっている。

これにより、この露光装置では、機械的な共振により増幅された投影光学系の変位のみを抽出できるという効果を奏する。

【 0 0 7 1 】

請求項 7 に係る露光装置は、アクチュエータが保持部材の周辺に設けられる構成となっている。

これにより、この露光装置では、保持部材の歪みや伸び縮みが発生しやすい箇所を効果的に抑えることができ、アクチュエータを小型にしたり、アクチュエータの数を減らせるという効果が得られる。

【 0 0 7 2 】

請求項 8 に係る露光装置は、アクチュエータが保持部材の加工部近傍に設けられる構成となっている。

これにより、この露光装置では、保持部材の歪みや伸び縮みが発生しやすい箇所を効果的に抑えることができ、アクチュエータを小型にしたり、アクチュエータの数を減らせるという効果が得られる。

【 0 0 7 3 】

請求項 9 に係る露光装置は、マスクステージと基板ステージと投影光学系とが振動的に独立して配設される構成となっている。

これにより、この露光装置では、マスクステージおよび基板ステージの駆動に起因する振動が投影光学系に伝わることを防止でき、投影光学系の振動に起因するパターン転写位置のずれや像ボケ等の発生を一層効果的に防止して露光精度の向上を図れるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態を示す図であって、加速度センサ、ピエゾ素子および駆動装置が設けられた露光装置の概略構成図である。

【図 2】 同露光装置を構成する投影光学系およびフランジの平面図である。

【図 3】 駆動装置の構成図である。

【図 4】 本発明の第 2 の実施の形態を示す図であって、 piezo 素子が貼設されたアダプタ板が取付ネジによりフランジに着脱自在に取り付けられた正断面図である。

【図 5】 本発明の第 3 の実施の形態を示す図であって、フランジに piezo 素子および歪みセンサが取り付けられた正断面図である。

【図 6】 本発明の第 4 の実施の形態を示す図であって、フランジの一方の面に piezo 素子および歪みセンサが取り付けられ、他方の面にも piezo 素子が取り付けられた正断面図である。

【図 7】 本発明の第 5 の実施の形態を示す図であって、レチクルステージ、ウエハステージおよび投影光学系が振動的に独立して配設された露光装置の概略構成図である。

【図 8】 半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

P L 投影光学系

R レチクル（マスク）

W ウエハ（基板）

1 露光装置

2 レチクルステージ（マスクステージ）

3 ウエハステージ（基板ステージ）

3 4 フランジ（保持部材）

3 4 a 貫通孔（加工部）

3 4 b 切欠部（加工部）

3 6、3 6 a、3 6 b piezo 素子（アクチュエータ、圧電素子）

3 7 駆動装置

3 8 加速度センサ（検出装置）

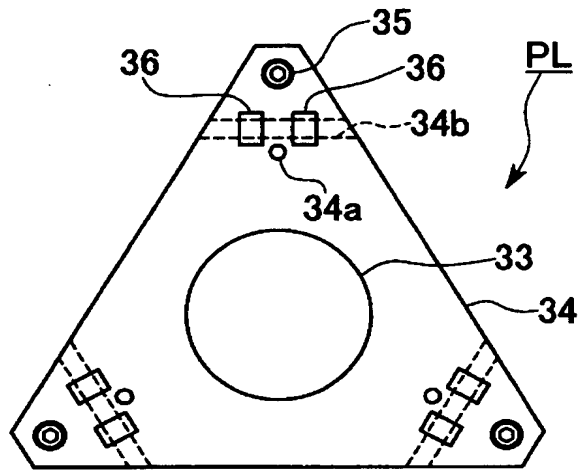
3 9 フィルタ装置

4 3 歪みセンサ（検出装置）

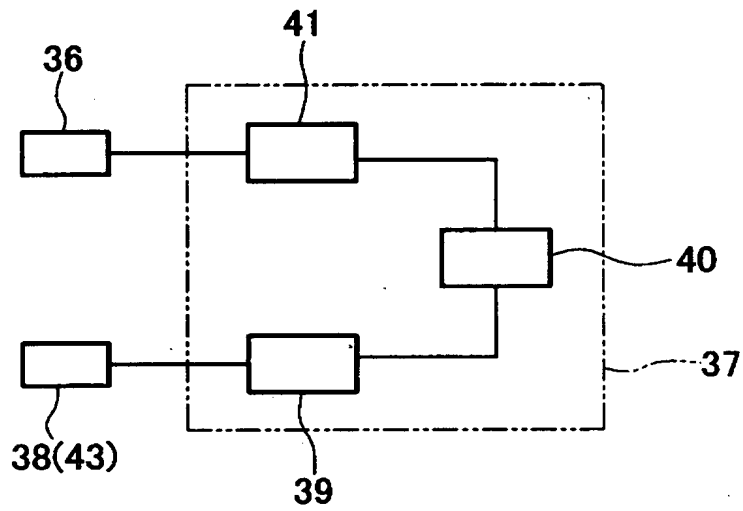
特平 1 1 - 3 3 0 7 0 0



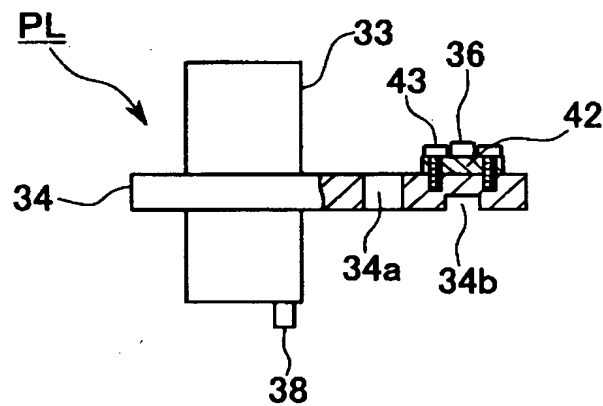
【図 2】



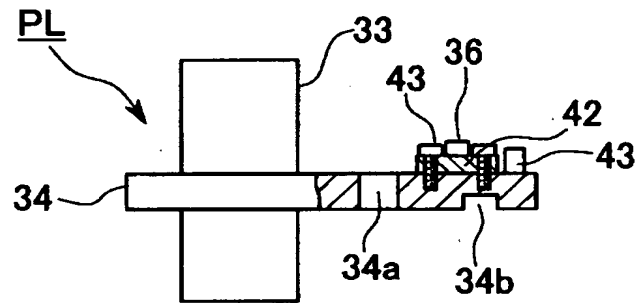
【図 3】



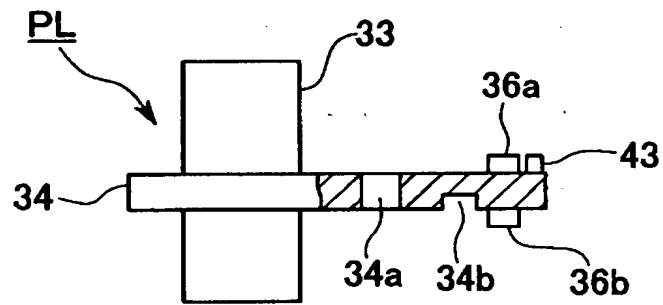
【図 4】



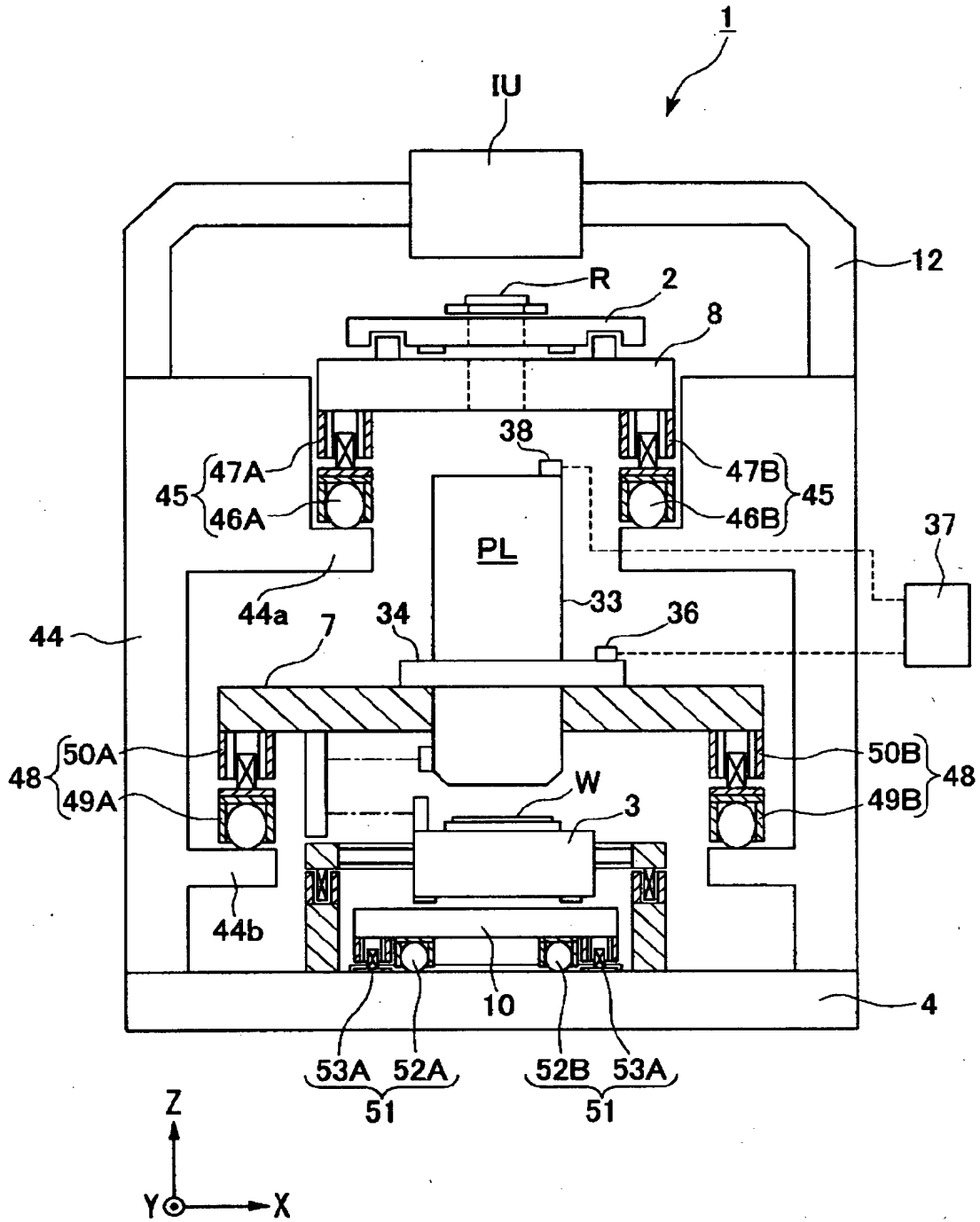
【図 5】



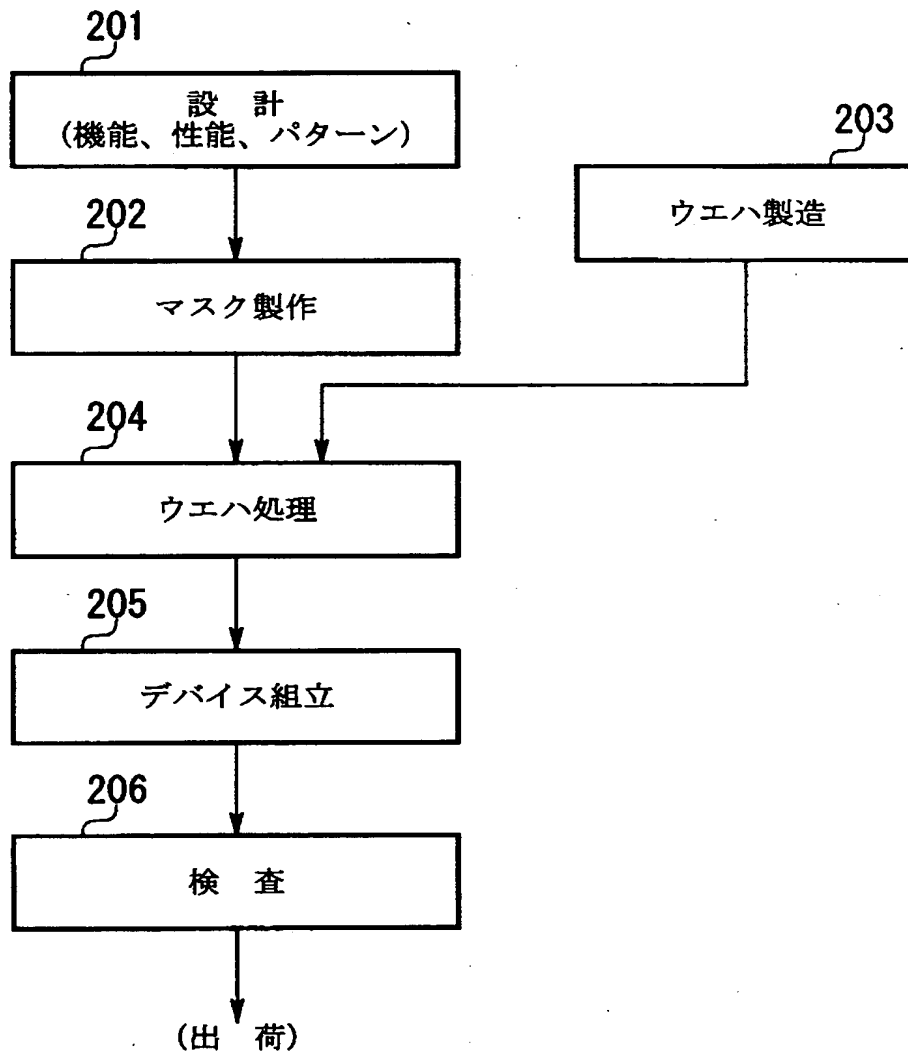
【図 6】



【図 7】



【図 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 投影光学系に発生する振動を抑制して位置決め精度の向上、およびパターン投影精度の向上に寄与する。

【解決手段】 マスク R のパターンを基板 W に露光する露光装置 1 において、パターンを基板 W に投影する投影光学系 P L と、投影光学系 P L を保持する保持部材 3 4 と、投影光学系 P L の変位に関する情報を検出する検出装置 3 8 と、保持部材 3 4 に設けられたアクチュエータ 3 6 と、検出装置 3 8 の検出結果に応じてアクチュエータ 3 6 を駆動する駆動装置 3 7 とを備える。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン